



⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 100 05 015 A 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
F 02 M 51/06

②① Aktenzeichen: 100 05 015.8
②② Anmeldetag: 4. 2. 2000
④③ Offenlegungstag: 9. 8. 2001

DE 100 05 015 A 1

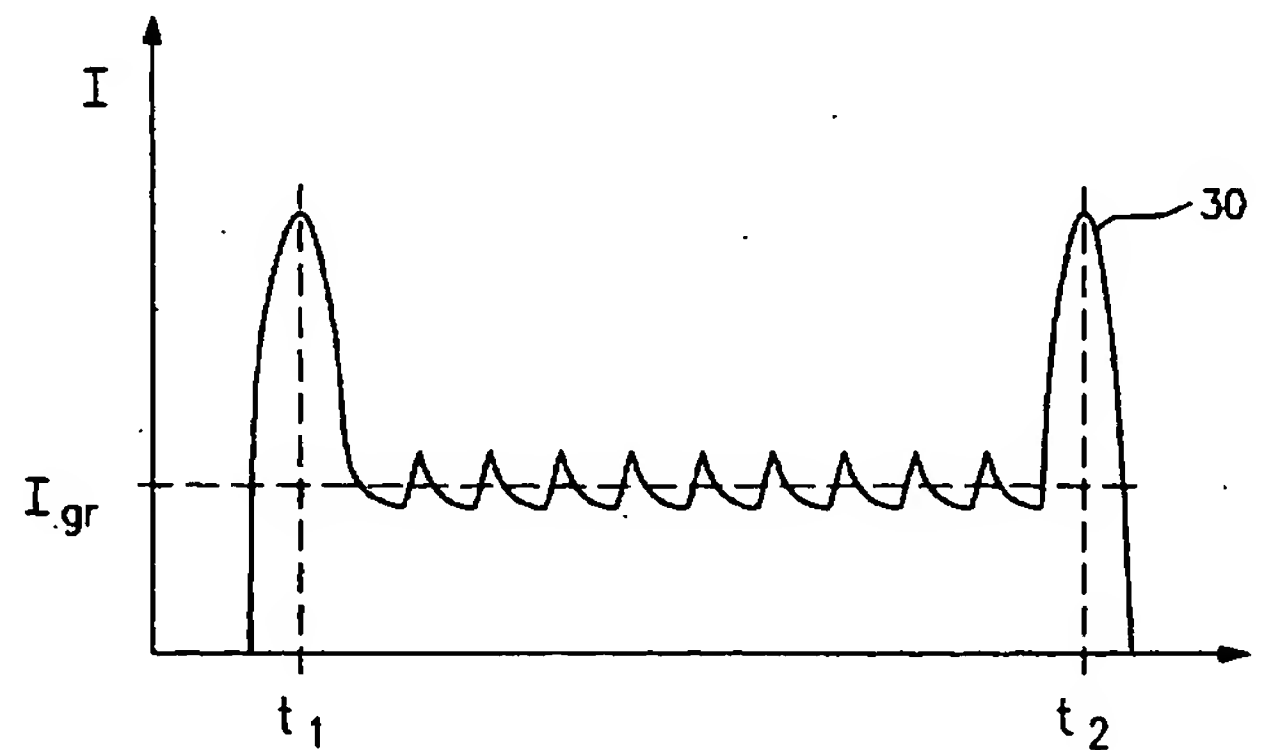
⑦① **Anmelder:**
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦② **Erfinder:**
Stier, Hubert, 71679 Asperg, DE; Keim, Norbert,
74369 Löchgau, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ **Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffeinspritzventils**

- ⑤⑦ Ein Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffeinspritzventils für Brennstoffeinspritzanlagen von Brennkraftmaschinen, insbesondere zum direkten Einspritzen von Brennstoff in einen Brennraum einer Brennkraftmaschine, wird beschrieben. Das Brennstoffeinspritzventil weist eine Magnetspule, einen in einer Schließrichtung von einer Rückstellfeder beaufschlagten Anker und eine mit dem Anker kraftschlüssig in Verbindung stehende Ventalnadel zur Betätigung eines Ventilschließkörpers, der zusammen mit einer Ventilsitzfläche einen Dichtsitz bildet, auf. Das Verfahren umfaßt folgende Verfahrensschritte:
- Erregen der Magnetspule mit einer Grundstromstärke (I_{gr}) während einer Öffnungsphase (t_2-t_1) des Brennstoffeinspritzventils,
 - Erregen der Magnetspule mit einem gegenüber der Grundstromstärke (I_{gr}) erhöhten Stromimpuls (30) kurz vor dem Ende der Öffnungsphase (t_2-t_1),
 - Abschalten des die Magnetspule erregenden Stromes (I) am Ende der Öffnungsphase (t_2-t_1).



DE 100 05 015 A 1

Beschreibung

Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffeinspritzventils nach der Gattung des Hauptanspruchs.

Aus der DE 196 26 576 A1 ist bereits ein elektromagnetisch betätigbares Brennstoffeinspritzventil zum direkten Einspritzen von Brennstoff in den Brennraum einer Brennkraftmaschine bekannt, bei welchem zur elektromagnetischen Betätigung ein Anker mit einer elektrisch erregbaren Magnetspule zusammenwirkt und der Hub des Ankers über eine Ventilnadel auf einen Ventilschließkörper übertragen wird. Der Ventilschließkörper wirkt mit einer Ventilsitzfläche zu einem Dichtsitz zusammen. Die Rückstellung der Ventilnadel- und des Ventilschließkörpers erfolgt durch eine Rückstellfeder.

Nachteilig an dem aus der DE 196 26 576 A1 bekannten Brennstoffeinspritzventil sind insbesondere die relativ langen Schließzeiten. Verzögerungen beim Schließen des Brennstoffeinspritzventils werden durch die zwischen Anker und Kern wirkenden Adhäsionskräfte und den nicht instantan erfolgenden Abbau des Magnetfeldes bei Ausschalten des Erregerstroms hervorgerufen. Deshalb muß die Rückstellfeder eine große Federkonstante bzw. eine große Vorspannung aufweisen. Die Rückstellkraft muß zur Erreichung kurzer Schließzeiten wesentlich größer dimensioniert werden, als es zum Dichten gegen den Brennraumdruck erforderlich wäre. Dies bedingt einen großen Leistungsbedarf der elektronischen Ansteuerschaltung.

Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffeinspritzventils mit den Merkmalen des Hauptanspruchs hat demgegenüber den Vorteil, daß sich ein zusätzlicher Stromimpuls am Ende der Öffnungsphase positiv auf den Schließvorgang auswirkt. In der Endphase des Öffnungsintervalls ist die in Schließrichtung wirkende Gesamtfederkraft durch den zusätzlichen Stromimpuls erhöht.

Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im Hauptanspruch angegebenen Verfahrens möglich.

Beim Schließvorgang steht durch die zusätzliche Abschaltfeder eine zusätzliche Beschleunigungskraft zur Verfügung, um das Brennstoffeinspritzventil schnell zu schließen. Die Federkonstante der Rückstellfeder wird so dimensioniert, daß die ausgeübte Federkraft noch sicher ausreicht, das Brennstoffeinspritzventil gegen den Druck im Brennraum der Brennkraftmaschine abzudichten.

Das Verfahren ist insbesondere im niedrigen Drehzahlbereich der Brennkraftmaschine von Vorteil, da in diesem Bereich die Zumessung von kleinen Brennstoffmengen in relativ langen Zeitabständen angestrebt wird.

Eine thermische Überlastung des Brennstoffeinspritzventils und der elektrischen Komponenten ist nahezu ausgeschlossen, da die Stromimpulse nur über sehr kurze Zeiträume mit langen Zwischenpausen zugeführt werden.

Durch die Zuführung eines Stromimpulses wird das Magnetfeld nochmals auf einen höheren Magnetfeldwert aufgebaut, was den Vorteil des – relativ betrachtet – schnellen Abbaus in den für den Schließvorgang relevanten Zeiträumen bietet, da das Magnetfeld annähernd exponentiell mit der Zeit abnimmt.

Durch das Aufbringen einer elastisch verformbaren Schicht auf der Ankeranschlagfläche des Kerns und/oder des Ankers kann die Abschaltfeder ersetzt werden, da Ver-

formungsenergie in der elastisch verformbaren Schicht gespeichert werden kann, welche wie eine Feder mit sehr hoher Federkonstante wirkt. Diese Energie steht für den Schließvorgang wieder zur Verfügung.

Zeichnung

Ein zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignetes Brennstoffeinspritzventil ist in der Zeichnung vereinfacht dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 in einer Schnittdarstellung ein Ausführungsbeispiel eines Brennstoffeinspritzventils zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens und

Fig. 2A–2C Diagramme des Verlaufs des Erregerstroms, der Federkraft und des Hubs als Funktion der Ansteuerzeit für das erfindungsgemäße Verfahren.

Beschreibung des Ausführungsbeispiels

Fig. 1 zeigt in einer axialen Schnittdarstellung den abspritzseitigen Bereich eines Brennstoffeinspritzventils 1. Das Brennstoffeinspritzventil 1 dient z. B. zum direkten Einspritzen von Brennstoff in einen nicht dargestellten Brennraum einer fremdgezündeten, gemischverdichtenden Brennkraftmaschine und ist als nach innen öffnendes Brennstoffeinspritzventil 1 ausgeführt.

Das Brennstoffeinspritzventil 1 umfaßt eine Magnetspule 2, welche von einem magnetischen Rückflußkörper 3 umgeben ist, sowie einen Kern 4 und einen Düsenkörper 5, welche von einem Ventilgehäuse 6 umgeben sind. Zwischen dem Kern 4 und dem Düsenkörper 5 ist ein Anker 7 angeordnet, der durch eine Rückstellfeder 8 beaufschlagt ist. Die Rückstellfeder 8 liegt endseitig an einer Einstellhülse 9 an, die die Rückstellfeder 8 vorspannt. Der Anker 7 steht in kraft- und formschlüssiger Verbindung mit einer Ventilnadel 10, an deren abspritzseitigen Ende ein Ventilschließkörper 11 ausgebildet ist. Der Ventilschließkörper 11 bildet mit einer Ventilsitzfläche 12 einen Dichtsitz. In einem Ventilsitzkörper 13 ist mindestens eine Abspritzöffnung 14 ausgebildet.

Die Ventilnadel 10 wird im Bereich des Dichtsitzes von einem Führungselement 21 geführt. Der Brennstoff wird zentral zugeleitet und über Brennstoffkanäle 15a, 15b, 15c zum Dichtsitz geführt.

Mit der Ventilnadel 10 ist ein rohrförmiger Ventilnadelanschlag 16 verbunden. Auf einem an der Innenwandung des Düsenkörpers 5 angebrachten Auflagering 17, welcher beispielsweise in eine zentrale Ausnehmung 25 des Brennstoffeinspritzventils 1 eingepreßt sein kann, liegt ein axial verschiebbarer Ring 18, durch den die Ventilnadel 10 hindurchragt. Auf dem Ring 18 stützt sich eine Abschaltfeder 19 ab, welche durch einen ebenfalls an der Innenwand des Düsenkörpers 5 angebrachten Federstellring 20 vorgespannt wird. Die Abschaltfeder 19 ist bei dem in Fig. 1 dargestellten Brennstoffeinspritzventil 1 als Schraubenfeder 19 ausgebildet.

Ein Gesamthub h_{ges} entspricht der Größe eines ersten Arbeitsspalt 23, welcher zwischen dem Anker 7 und dem Kern 4 ausgebildet ist. Ein Teilhub h_{teil} entspricht der Größe eines zweiten Arbeitsspalt 24, welcher zwischen dem Ventilnadelanschlag 16 und dem verschiebbaren Ring 18 ausgebildet ist. Im vorliegenden Beispiel beträgt der Teilhub h_{teil} ca. 90% des Gesamthubs h_{ges} .

Wird der Magnetspule 2 ein elektrischer Erregerstrom zugeführt, wird ein Magnetfeld aufgebaut, welches den Anker 7 in Hubrichtung an den Kern 4 zieht. Der Anker 7 nimmt die mit ihm verbundene Ventilnadel 10 mit. Während der

Anker 7 und die Ventilmadel 10 den Teilhub h_{teil} durchlaufen, muß die Magnetfeldstärke lediglich die Federkraft der schwach dimensionierten Rückstellfeder 8 überwinden, damit der Anker 7 in Richtung Kern 4 beschleunigt werden kann. Die Federkonstante der Rückstellfeder 8 ist so dimensioniert, daß die Federkraft sicher ausreicht, um das Brennstoffeinspritzventil 1 gegen den nicht dargestellten Brennraum einer Brennkraftmaschine abzudichten.

Nachdem der Anker 7 und die mit ihm verbundene Ventilmadel 10 den Teilhub h_{teil} zurückgelegt haben, schlägt der Ventilmadelanschlag 16 an dem durch die Abschaltfeder 19 beaufschlagten, verschiebbaren Ring 18 an.

Sobald sich der Anker 7 in Richtung Kern 4 bewegt, hebt der Ventilschließkörper 11 von der Ventilsitzfläche 12 ab und Brennstoff wird über die Abspritzöffnung 14 abgespritzt.

Während der Öffnungsphase begrenzt der Anschlag des Ventilmadelanschlags 16 an dem Ring 18 den Ventilhub, so daß der Ventilschließkörper 11 im geöffneten Zustand des Brennstoffeinspritzventils 1 nur um den Teilhub h_{teil} angehoben wird.

Kurz vor dem Schließen des Brennstoffeinspritzventils 1 wird der Resthub $h_{\text{ges}} - h_{\text{teil}}$ gegen die Federkräfte der Rückstellfeder 8 und der Abschaltfeder 19 zurückgelegt, was durch eine kurzzeitige Erhöhung des die Magnetspule 2 erregenden Stroms in Form eines Stromimpulses erreicht wird. Durch diesen Stromimpuls kurz vor dem Ende der Öffnungsphase werden der Anker 7 und die Ventilmadel 10 angehoben, wodurch der Ventilmadelanschlag 16 den verschiebbaren Ring 18 gegen die Federkraft der Abschaltfeder 19 in Hubrichtung von dem Auflagering 17 abhebt. Da sich die Federkräfte der Rückstellfeder 8 und der Abschaltfeder 19 summieren, steht am Ende der Öffnungsphase die Gesamtfederkraft der Rückstellfeder 8 und der Abschaltfeder 19 zum Schließen des Brennstoffeinspritzventils 1 zur Verfügung, welche bedingt durch die große Federkonstante der Abschaltfeder 19 erheblich größer ist als die im Stand der Technik durch die einzelne Rückstellfeder 8 erreichte Rückstellkraft.

Wird der die Magnetspule 2 erregende elektrische Erregerstrom abgeschaltet, baut sich das Magnetfeld ab, und der Anker 7 fällt vom Kern 4 ab. Dies kann sehr schnell geschehen, da die Gesamtfederkraft der Rückstellfeder 8 und der Abschaltfeder 19 gemeinsam den Anker 7 in Schließrichtung beschleunigen, wodurch die Ventilmadel 10 sehr schnell in ihre Schließstellung zurückkehren kann.

Dieser Effekt kann auch durch das Anbringen einer elastisch verformbaren Schicht 26 an einer Ankeranschlagfläche 22 des Kerns 4 und/oder am Anker 7 erzielt werden, so daß die Abschaltfeder 19 entfallen kann. Die elastisch verformbare Schicht 26 wirkt wie eine Feder mit extrem hoher Federsteifigkeit, so daß eine elastische Verformung der Ankeranschlagfläche 22 durch den Stromimpuls zum schnellen Lösen des Ankers 7 vom Kern 4 sowie zu einer schnellen Schließbewegung des Brennstoffeinspritzventils 1 führt.

In Fig. 2A–2C sind zur Verdeutlichung der Wirkungsweise des Stromimpulses der Erregerstrom I, die Federkraft F_{feder} und der Ventilhub h jeweils als Funktion der Zeit t dargestellt.

Fig. 2A zeigt die die Magnetspule 2 erregende Stromstärke I als Funktion der Zeit t . Dem zum Einleiten des Öffnungsvorgangs zugeführten ersten Stromimpuls 32 zum Zeitpunkt t_1 folgt eine Phase 31, während der die Magnetspule 2 mit einer im Mittel konstanten Grundstromstärke I_{gr} betrieben wird, bis kurz vor dem Ende der Öffnungsphase zum Zeitpunkt t_2 zum Überdrücken der Abschaltfeder 19 nochmals ein Stromimpuls 30 zugeführt wird. Danach wird der Erregerstrom I abgeschaltet, wodurch nach einem kur-

zen Zeitintervall nach genügendem Abbau des Magnetfeldes der Schließvorgang beginnt. Durch die Kürze des Stromimpulses 30 wird gewährleistet, daß ein Maximalwert für die elektrische Leistung im elektrischen Ansteuerkreis nicht überschritten wird und damit die elektrischen Bauteile nicht durch thermische Überbeanspruchung beschädigt werden.

In Fig. 2B ist die Federkraft F_{feder} als Funktion der Ansteuerzeit t dargestellt. Das Diagramm 2B enthält eine Kurve a, welche die Federkraft F_{SDT} gemäß dem Stand der Technik mit einer einzelnen Rückstellfeder 8 beschreibt, sowie eine Kurve b, die die Abhängigkeit der Gesamtfederkraft F_{ges} der Rückstellfeder 8 und der Abschaltfeder 19 in Abhängigkeit von der Zeit t für das in Fig. 1 beschriebene Beispiel eines für die Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeigneten Brennstoffeinspritzventils 1 darstellt.

Die Federkraft F_{SDT} der Rückstellfeder 8 in Kurve a ist größer als die Federkraft F_{ges} der Rückstellfeder 8 in Kurve b, da die Federkraft der Rückstellfeder 8 gemäß dem Stand der Technik die einzige Kraft ist, welche den Anker 7 nach genügendem Abbau des Magnetfeldes vom Kern 4 abdrückt. Bei dem zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeigneten Brennstoffeinspritzventil 1 ist die Federkraft der Rückstellfeder 8 auf einen Wert reduziert, welcher groß genug ist, um das Brennstoffeinspritzventil 1 sicher gegen den im Brennraum der Brennkraftmaschine herrschenden Druck abzudichten. Dadurch wird ein verkürzter Öffnungsvorgang erzielt. Die zum schnellen Schließen benötigte Kraft wird durch die Abschaltfeder 19 beigesteuert, welche durch den Stromimpuls 30 überdrückt wird und somit die Gesamtfederkraft F_{ges} bedingt durch den zugeführten Stromimpuls 30 kurzzeitig auf einen erheblich größeren Wert als beim Stand der Technik erhöht.

In Fig. 2C ist der Ventilhub h als Funktion der Zeit t dargestellt. Durch das Bestromen der Magnetspule 2 wird der Anker 7 gegen die Federkraft der Rückstellfeder 8 in Richtung auf den Kern 4 beschleunigt. Zum Zeitpunkt t_1 hat der Anker den Teilhub h_{teil} durchlaufen. Der Ventilmadelanschlag 16 schlägt an dem Ring 18 an. Die Stromstärke I bleibt jetzt konstant auf dem Wert I_{gr} , wodurch das Brennstoffeinspritzventil 1 in der teilgeöffneten Stellung verbleibt. Die Stromstärke I_{gr} reicht nicht aus, den Anker 7 gegen die Gesamtfederkraft F_{ges} der Rückstellfeder 8 und der Abschaltfeder 19 weiter in Richtung auf den Kern 4 zu bewegen.

Zur Zeit t_2 wird kurz vor dem Ende der Öffnungsphase der Stromimpuls 30 zugeführt, welcher die nötige elektrische Kraft liefert, um den Anker 7 und die Ventilmadel 10 gegen die Gesamtfederkraft F_{ges} der Rückstellfeder 8 und der Abschaltfeder 19 weiter in Richtung auf den Kern 4 zu beschleunigen. Der Anker 7 schlägt am Kern 4 an. Für den Schließvorgang steht nun die Gesamtfederkraft F_{ges} der Rückstellfeder 8 und der Abschaltfeder 19 zur Verfügung.

Die Erfindung ist nicht auf das dargestellte Beispiel eines Brennstoffeinspritzventils 1 zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens beschränkt und auch bei einer Vielzahl anderer Bauweisen von Brennstoffeinspritzventilen 1, insbesondere bei nach außen öffnenden Brennstoffeinspritzventilen 1, realisierbar.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffeinspritzventils (1) für Brennstoffeinspritzanlagen von Brennkraftmaschinen, insbesondere zum direkten Einspritzen von Brennstoff in einen Brennraum einer Brennkraftmaschine, wobei das Brennstoffeinspritzventil (1) eine Magnetspule (2), einen in einer Schließrichtung

von einer Rückstellfeder (8) beaufschlagten Anker (7) und eine mit dem Anker (7) 1 kraftschlüssig in Verbindung stehende Ventilnadel (10) zur Betätigung eines Ventilschließkörpers (11), der zusammen mit einer Ventilsitzfläche (12) einen Dichtsitz bildet, aufweist, 5
mit folgenden Verfahrensschritten:

- Erregen der Magnetspule (2) mit einer Grundstromstärke (I_{gr}) während einer Öffnungsphase ($t_2 - t_1$) des Brennstoffeinspritzventils (1),
- Erregen der Magnetspule (2) mit einem gegen- 10
über der Grundstromstärke (I_{gr}) erhöhten Stromimpuls (30) kurz vor dem Ende der Öffnungsphase ($t_2 - t_1$)
- Abschalten des die Magnetspule (2) erregenden Stromes (I) am Ende der Öffnungsphase ($t_2 - t_1$). 15

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Abschaltfeder (19) vorgesehen ist, die mit der Rückstellfeder (8) so zusammenwirkt, daß sich die Federkräfte der Rückstellfeder (8) und der Abschaltfeder (19) nach Überschreiten eines Teilhubs (h_{teil}) des 20
Ankers (7) addieren.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Stromimpuls (30) am Ende der Öffnungsphase ($t_2 - t_1$) den Anker (7) und die Ventilnadel (10) so beaufschlagt, daß die Abschaltfeder (19) vorge- 25
spannt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine elastisch verformbare Schicht (26) an einer Ankeranschlagfläche (22) des Korns (4) und/oder des Ankers (7) aufgebracht ist. 30

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Magnetspule (2) zu Beginn der Öffnungsphase ($t_2 - t_1$) mit einem weiteren gegenüber der Grundstromstärke (I_{gr}) erhöhten Stromimpuls (32) erregt wird. 35

6. Verfahren nach einem der oben genannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die mittlere elektrische Leistung des Stromimpulses (30) bzw. der Stromimpulse (30, 32) einen vorgegebenen Maximalwert nicht überschreitet. 40

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

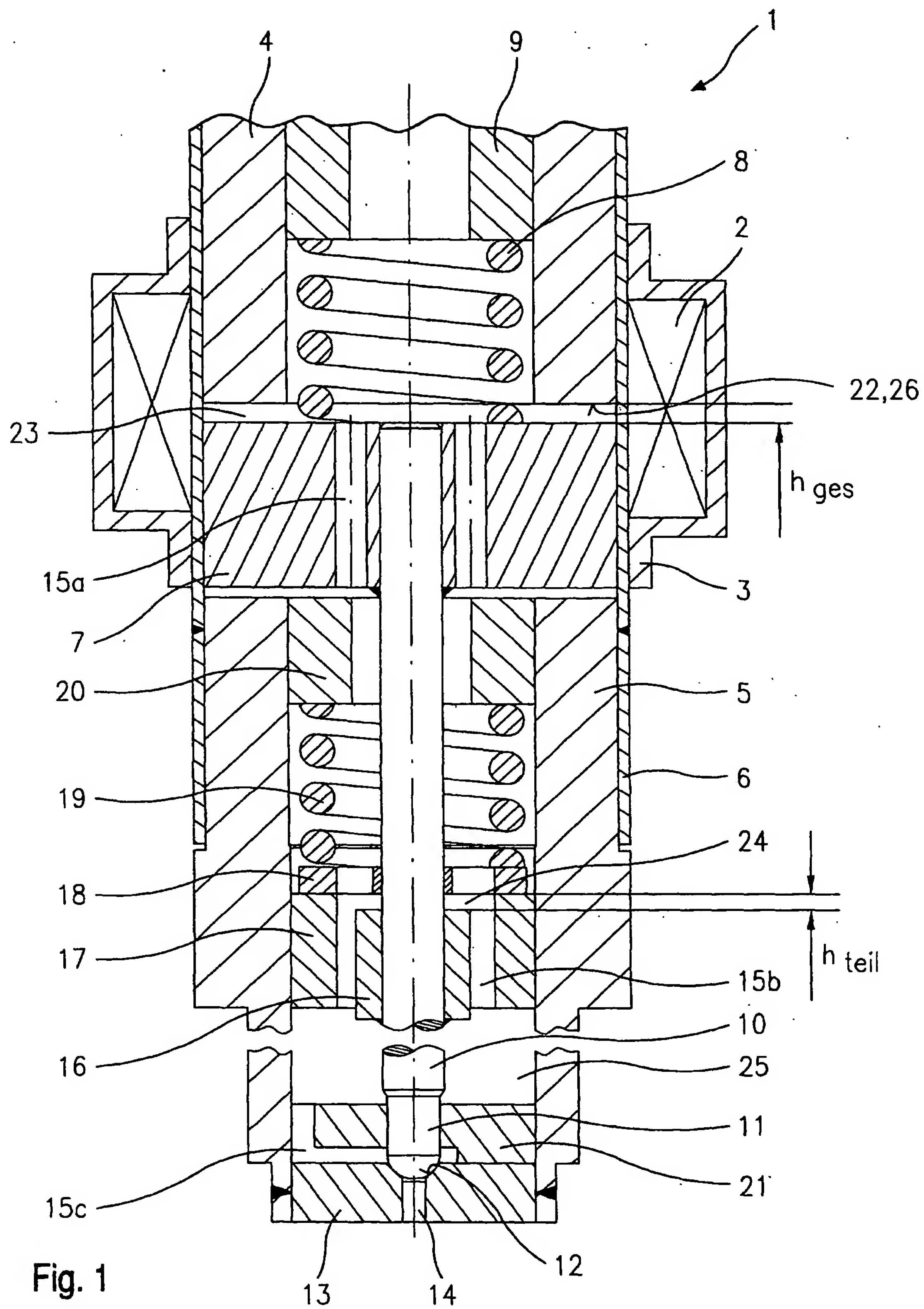
45

50

55

60

65



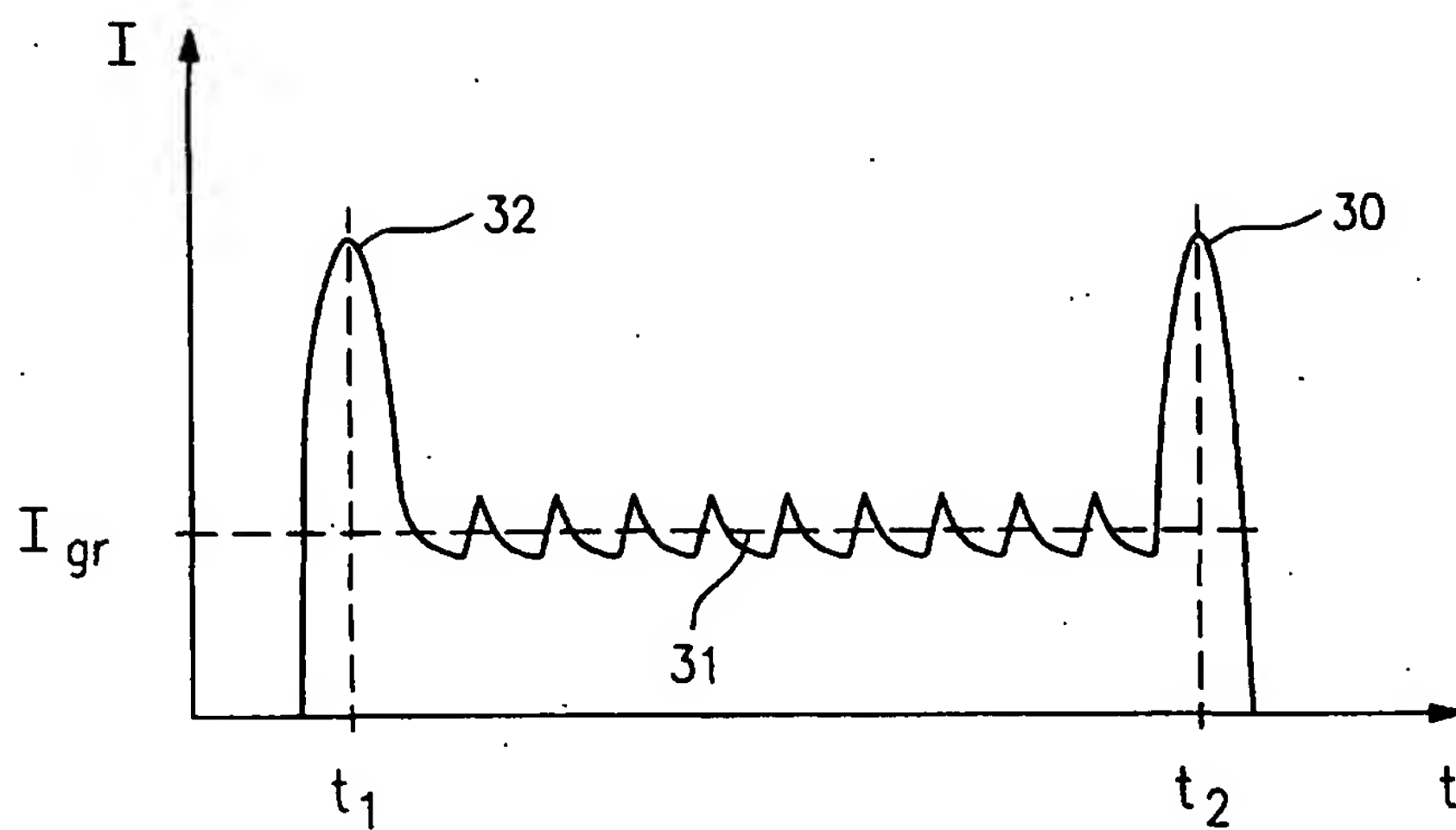


Fig. 2A

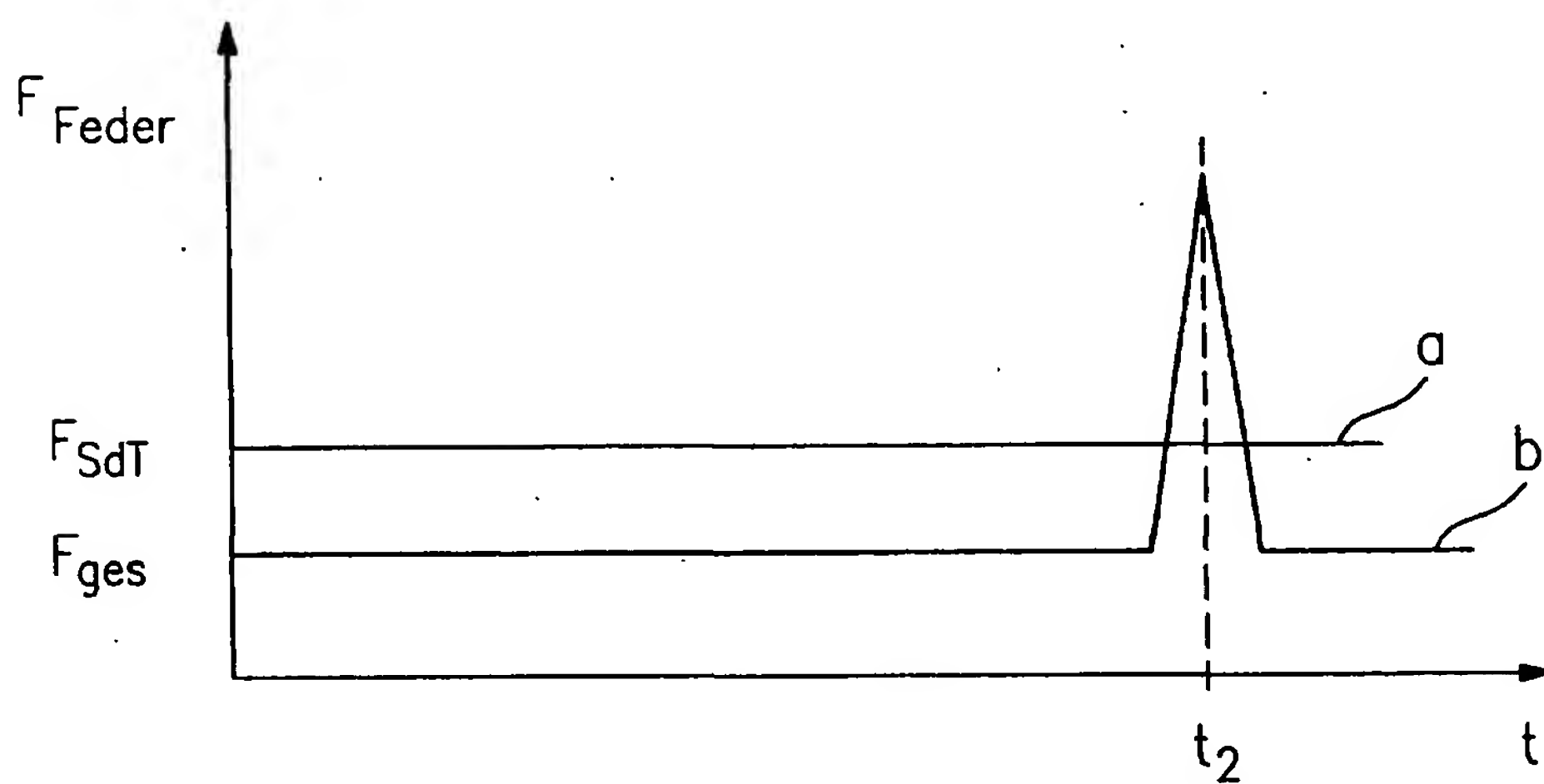


Fig. 2B

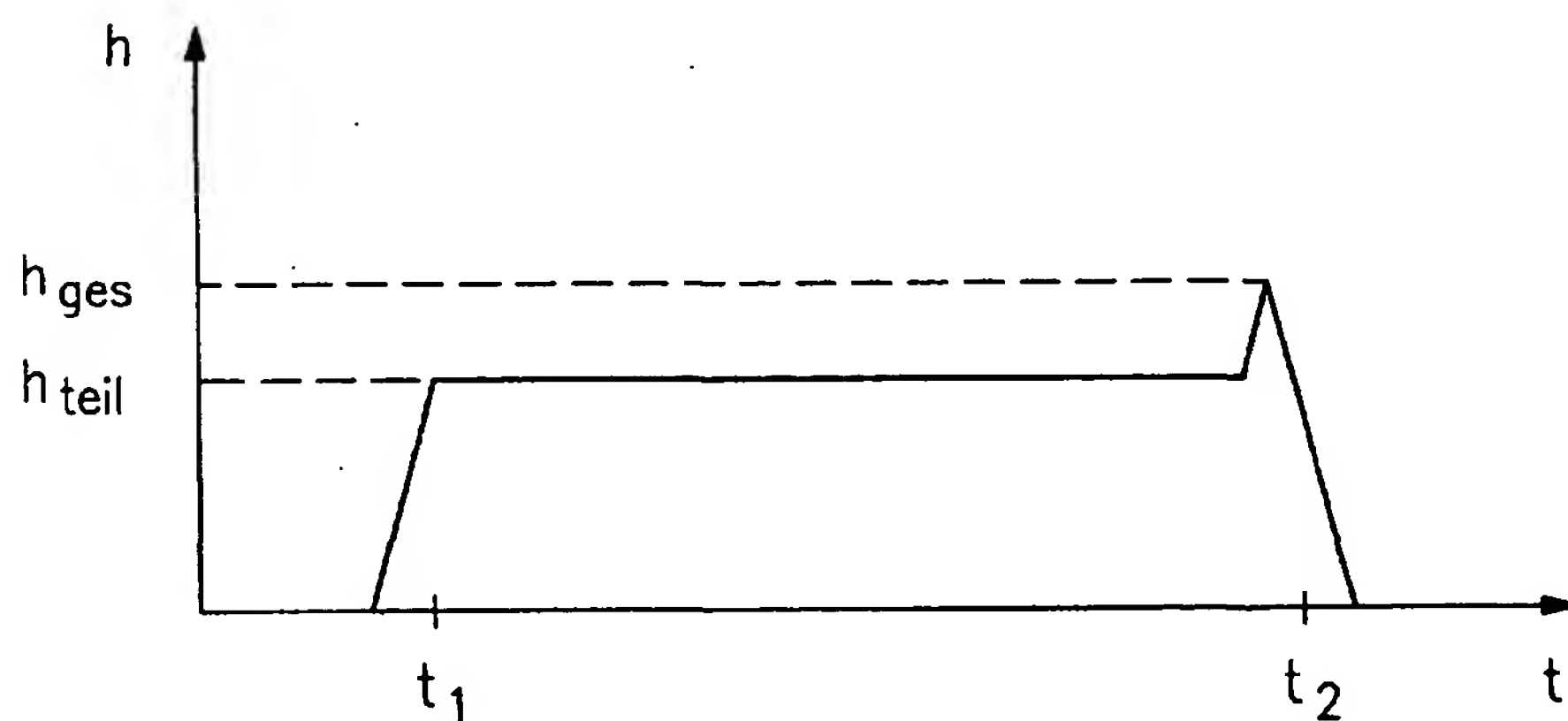


Fig. 2C